

智能矿山视野下煤矿机电技术管理创新路径研究

白东方，牛嵩

陕西中太能源投资有限公司朱家茆煤矿，陕西 榆林 719000

DOI:10.61369/ETQM.2025090032

摘要：煤矿是国家重要能源，伴随工业4.0时代的到来，煤矿产业也需要重视当前管理存在的种种弊端，由粗放型管理向集约化智能管理方向不断转变，由管理创新带动经济效益提升。机电工程作为辅助煤矿生产的关键工程，目前机电技术管理依然存在诸多漏洞，未来较长时间段内，机电技术管理依然需要革新，以全面提升管理水平。本文将结合智能矿山发展现状与机电技术管理新要求，讨论智能矿山视野下煤矿机电技术管理创新路径，希望可以为相关人士带来一定参考价值。

关键词：智能矿山；煤矿机电；技术管理；管理创新

Research on Innovative Pathways for Coal Mine Electromechanical Technology Management under the Perspective of Smart Mining

Bai Dongfang, Niu Song

Zhujiamao Coal Mine, Shaanxi Zhongtai Energy Investment Co., Ltd., Yulin, Shaanxi 719000

Abstract : Coal mines are a vital energy source for the nation. With the advent of the Industry 4.0 era, the coal mining industry must address the various shortcomings in its current management practices, transitioning from extensive management to intensive intelligent management, and driving economic efficiency improvements through management innovation. As a key supporting engineering discipline for coal mine production, mechanical and electrical engineering currently faces numerous management shortcomings. Over the coming years, mechanical and electrical engineering management will require further innovation to comprehensively enhance management standards. This paper combines the current state of smart mine development with new requirements for mechanical and electrical engineering management to explore innovative management pathways for coal mine mechanical and electrical engineering within the context of smart mines, aiming to provide valuable insights for relevant professionals.

Keywords : smart mines; coal mine mechanical and electrical engineering; technical management; management innovation

一、智能矿山发展现状与机电技术管理新要求

智能矿山本质上是现代化矿山体系，集合了多种信息技术优势，包括大数据、云计算、5G通信、人工智能、物联网、数字孪生等，旨在全面收集矿山信息，提高信息互联互通水平，通过系统的自动分析与决策功能，实现机电设备的自主控制。分析智能矿山发展历史，主要可分成三个阶段：21世纪的第一个十年，为数字化阶段。这一阶段可数字化采集矿山生产有关数据，监测矿山生产环节各参数，包括通风风压、传送机转速等；第二个十年为网络化阶段，这一阶段工业环网成功建立，可支持数据远程传输，打破时间和空间的限制，一些视频监控系统可大量应用在矿井内部，方便人员对矿井下工况进行监测；2020年到如今，则是智能化阶段，这一阶段的系统和设备，基于人工智能技术，自主性大大加强，可以根据环境调整作业方式，极大减轻了人工作业

压力^[1]。

随着技术飞速发展，智能矿山主要表现为以下特征：（1）广泛感知。矿山大量布置各种类型的传感器，数量成千上万，广泛收集矿山生产环境、设备运行等参数，为矿山生产带来有效指导。（2）数字孪生。智能矿山通过全矿井三维虚拟模型的建立，实时映射物理实体，误差可低于1%。（3）边缘计算。将边缘服务器部署在井下，基于数据本地处理功能，提高数据处理效率，将响应时间控制在50ms以内。相较于传统机电技术管理单纯控制能耗、排除故障和维护设备的核心任务，智能矿山机电技术管理将管理内涵，拓宽至全生命周期，设备从初始采购阶段，到后续安装过后，直至报废，都可以实现全流程数字化管控。同时可和运输、通风、地质等系统联动，提高管理的智能化水平。此外，机电管理还可基于大数据技术优势，收集设备运行历史信息，对设备故障进行及时判断和精准预测，结合实际情况制定维护策

作者简介：白东方（1986.11—），男，汉族，山东济宁人，大专，陕西中太能源投资有限公司，机电一体化。

略^[2]。

智能矿山视野下，机电技术管理模式势必迎来新的改变。具体而言，传统管理精度允许设备发生故障之后检修，故障排除存在一定滞后性。智能矿山机电技术管理可实现故障提前预测，并对故障进行预警。响应速度上，传统管理故障处理时间最长可达48h，智能矿山管理可自动诊断和处理，时间最短只需不到1h。人员要求上，过往技术人员只需要了解机械电气操作技能，智能矿山视野下，人员需要熟悉复合技能，学会数据分析和智能系统知识等。数据应用方面，传统管理只需记录数据，智能矿山系统还需要对数据进行融合分析，最大程度挖掘其潜在价值^[3]。

二、智能矿山视野下煤矿机电技术管理创新路径

(一) 创新技术应用

1. 强化数字化基础

智能矿山视野下，煤矿机电技术管理应从以下方面出发：（1）实现设备广泛联网。煤矿企业应重视改造现有生产设备，例如水泵、皮带运输机等，为设备装通信模块，提高设备智能化水平。网关设备应支持OPC UA、Modbus TCP协议，引进能够无缝对接生产设备的物联网系统。有条件的情况下，煤矿企业应安排基金，优化设备联网，在短时间内加快煤矿企业升级^[4]。（2）升级传感器性能。煤矿企业应提高传感器可靠性和精度，例如选择光纤光栅传感器，对设备振动情况进行监测，使测量误差低于1%。传感器还需要抵抗强烈腐蚀和电磁干扰能力，即使面对井下恶劣环境也同样适用。每隔一段时间，人员应校准并维护传感器，以不超过5%的标准控制故障率，保证可采集到完整与准确数据。（3）统一通信协议标准。煤矿行业应与行业协会联合，规定新采购设备支持同意协议。针对存量设备进行协议转换工具的开发，即使设备不同，也不会影响系统集成和交互性，实现数据互通率的提升。（4）应用三维建模和数字孪生技术。煤矿企业可构建三维模型，融合摄影测量和激光扫描等技术优势，与设备运行数据结合，完成设备数字孪生体的创建。基于数字孪生系统，可视化展示设备空间关系、安装位置和自身结构，令设备管理效率得到明显提升^[5]。

2. 增强智能装备应用

煤矿企业应重视智能装备自主决策能力的提升，使智能装备控制系统融入人工智能算法。举例而言，可以将人工智能识别系统与地质雷达，加装在现有智能掘进机上，通过这种方式，掘进机能够收集地质结构异常情况信息，对岩体硬度进行感知。一旦发现前方岩体不利于掘进，掘进机可随时对当前参数进行调整，重新确定角度和速度等，代替人工操作，减少人工压力，实现设备环境适应性的提升。设备兼容性优化也是重要一环，相关部门应保证智能装备软件与硬件的统一，设备制造企业应依照统一标准开发设备，这样即使设备生产时期和厂家不同，也可开发数据价值，实现协同作业。最后，需在原有基础上，将智能运维覆盖面进一步扩大。煤矿企业可使用在线监测系统和机器人等，远程监控设备，诊断设备故障，落实设备调度维护。在此基础上，煤

矿企业可构建立体化运维体系，提高巡检的智能化水平^[6]。

(二) 创新管理模式

1. 简化组织结构

组织架构需符合扁平化管理原则，使原有三级架构，简化为两级组织架构，实现技术部门和运维部门之间的直接联系。管理层级的简化，可避免信息多路径传播，令决策效率进一步提升。部门人员需要定岗定责，以个人为单位明确职责范围，防止职责空白，影响工作落实。此外，应完善工作机制，适应协同工作要求。煤矿企业应构建协同工作组，组成人员包括关乎煤矿生产各环节生产的负责人。人员应每隔一段时间召开协调会议，对煤矿生产、设备检修等事项进行统筹。协同工作平台同样有助于打破信息壁垒，共享部门间信息，无缝对接各项业务流程，合理安排煤矿生产与设备检修的优先级，最大化提高资源利用率。最后，为适应智能矿山生产要求，应安排新岗位，例如数字技术工程师、智能系统运维人员和数据分析师等，成立专业团队，做好数据分析与设备智能运维各项工作，实现机电技术管理智能水平的提升^[7]。

2. 优化管理流程

管理流程的优化有助于管理工作的妥善开展，煤矿企业可选择流程自动化技术，优化机电设备业务流程，包括采购、检修和升级改造等，避免审批环节过多，从而使设备采购审批时间控制在30d之内。也可构建线上平台辅助设备审批，跟踪审批流程，实现审批透明度与效率的双重提升。企业同时应重视信息共享平台的搭建，发挥物联网、大数据和5G通信技术的优势，实时传输信息。实际生产中，应大力推广移动办公APP和电子工单的使用，一旦设备出现故障信息，需要及时维修，相关人员可快速获知相关信息，避免耽误设备的正常使用^[8]。此外，可通过大数据分析设备运行历史数据，通过人工智能技术预测设备后续运行动态，并由人员结合分析结果，对设备参数、检修计划等进行动态调整。实践中，人员参考设备能耗数据，就可以设定设备最佳运行模式，避免设备能耗过高。当设备有异常风险提醒，人员也可以结合生产需求安排检修事项，避免非计划停机时间过长^[9]。

3. 优化考核体系

煤矿企业需使原有考核指标进一步丰富，不仅要保留传统指标，还需要增加智能矿山生产考核指标，包括系统协同效率、数据应用效果、设备智能化水平等，帮助人员判断当前机电技术管理水平。考核指标需量化，为每个考核指标规定通过率，指导工作进行。举例而言，故障预测准确率需不低于90%，数据完整率需不低于95%，设备联网率需不低于85%。考核方法需公平科学，可选择平衡记分卡、关键绩效指标等，保证考核公平进行。最后，考核体系的制定不能天马行空，而是应当结合智能矿山发展目标，深入挖掘数据价值，强化智能装备应用，为煤矿企业智能化转型发展注入新动力^[10]。

(三) 强化数据管理

1. 提高数据质量

煤矿企业应重视数据质量的提升，使数据完整性、一致性和准确性，符合数据应用规范。数据完整性要求企业数据采集方案

尽量全面细化，尤其是关键数据，采集频率、范围和存储要求都需明确。可通过边缘计算技术预处理数据，同时应重视数据恢复和备份，避免传输阶段数据丢失。数据一致性要求企业数据治理体系与标准应统一，对数据格式、编码和定义等需要做出详细规定。针对采集的数据需校验，验证数据是否符合一致性要求，若数据之间存在矛盾，应及时解决^[11]。数据准确性要求针对数据采集设备（如传感器），应建立预警和修复机制，通过人工智能技术监测传感器异常数据。发现传感器存在故障，应及时预警，快速检修。传感器应每隔一段时间校准并维护，保证各项数据准确。

2. 强化数据分析

企业应重视先进技术和工具的引进，包括人工智能算法库、大数据分析平台等，深度分析设备海量数据，对数据潜在价值进行挖掘。同时应构建各类模型，辅助设备故障预测、能耗预测和性能优化。数据应用场景也需进一步拓宽，企业在预警设备故障和监测设备运行状态，应对设备不同场景应用进行探索，包括成本控制、生产调度等，实现生产效率的提升^[12]。此外，应重视复合型人才的培养。煤矿企业应重视现有机电技术管理人员综合素质的提升，为员工争取更多外部学习的机会，每隔一段时间，应组织内部培训，树立员工学习意识，令其具备数据分析能力。在人才招聘上，应重视对人员机电技术管理能力的考察，通过人才的鲶鱼效应，打造技术素养过硬的专业团队，成立复合型人才队伍。

（四）强化安全管理

1. 提高预警能力

企业应重视多类型传感器的部署，包括红外热像仪、油液传感器和振动传感器等，监测设备隐性故障。同时引进声发射监测技术，检测设备内部缺陷，一旦发现安全隐患，人员可及时做出

反应。当前预警方式也需进一步优化，在阈值报警基础上，应用关联报警、趋势报警等技术，使预警响应更及时。同时，需依靠人工智能技术减少传感器数据滤波，避免传感器产生较大噪声，尽量将环境的负面影响降至最低。可构建专家系统，辅助故障诊断，通过设备历史数据的浏览，智能分析报警信息，使误报率不超过10%，让传感器数据真正对人员操作起到重要的辅助作用^[13]。

2. 提高应急处理水平

煤矿企业应基于当前智能矿山生产各环节要求，制定应急预案，指导机电事故的及时排除和处置。预案应尽量细化，具备可操作性，且需覆盖各类事故场景，包括电力中断、网络攻击、设备故障等。企业管理人员应每隔一段时间修订应急预案，使应急预案符合实际生产场景要求。企业应重视应急预案的演练，以年度为单位，组织应急演练次数应在5次左右。演练应结合VR和AR技术优势，模拟事故现场真实情况，增强人员对事故处理的熟悉程度，了解处理流程，提高团队协同性^[14]。

三、结束语

综上所述，智能矿山视野下，煤矿企业为适应现代化生产要求，机电技术管理也势必迎来新一轮转变，重视智能化和专业化水平的提升。企业应从技术应用，管理模式、数据管理和安全管理等方面入手，改变当前机电技术管理面貌，这不仅需要企业重视设备的更新和技术的引进，用设备辅助人员排除设备故障，还需要加强人才培养，通过应急演练等方式，提高人员安全意识，促进机电技术管理水平全面提升。

参考文献

- [1] 杜生堂.智能矿山背景下煤矿机电技术创新研究[J].现代工业经济和信息化,2022,12(11):204-205.
- [2] 岳磊,冯永.浅析基于智能矿山的煤矿机电技术创新[J].工程建设(维泽科技),2022,5(3):108-110.
- [3] 李红勇,张俊峰,马忠强.基于智能矿山建设环境的煤矿机电管理技术研究[J].自动化应用,2023,64(10):195-197.
- [4] 邱善义,孙健,田野,张磊.基于智能矿山的煤矿机电设备管理创新研究[J].内蒙古煤炭经济,2023(18):43-45.
- [5] 谢明军,白晶,郭建军,李阴保,谢小飞,李婷.提升神东煤矿机电设备管理效益的探究[J].煤矿现代化,2024,33(3):53-57.
- [6] 潘成龙,屈云祥,侯佳浩.基于智能矿山的煤矿机电技术管理创新[J].内蒙古煤炭经济,2024(18):160-162.
- [7] 刘钦.浅谈智能矿山的煤矿机电技术管理创新[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2020(10):286-287.
- [8] 崔希国,王统海,陈亚华,乔鹏飞,张亮.山东能源临沂矿业集团有限责任公司打造智能化设备管理及监测诊断平台[J].中国设备工程,2020(17):150-152.
- [9] 张琨.浅谈故障检测诊断技术在智能化煤矿机电设备中的应用[J].中国设备工程,2021(12):185-186.
- [10] 陈浩.变频节能技术在煤矿机电设备中的应用研究[J].现代工业经济和信息化,2024,14(1):153-154.
- [11] 段铭钰.煤矿机电设备智能化维护研究现状与发展趋势[J].内蒙古煤炭经济,2022(13):120-122.
- [12] 郝波涛,张云飞,李少华.转动设备的故障诊断与预防维护策略研究[J].山东化工,2024,53(14):211-213.
- [13] 崔聪,舒龙勇,梁银泉,杨建,刘正帅,朱南南.瓦斯异常涌出预警系统架构设计与平台开发[J].煤炭技术,2024,43(3):160-164.
- [14] 刘朋朋,杨彪.探究煤矿机电技术管理与煤矿安全生产的关联性[J].石油石化物资采购,2024(8):154-156.